

# **Bygguide för högtalare**

Elektrodynamiska högtalare för hemmabruk

Alexander Lindblad

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Informations- och medieteknik
Identifikationsnummer:	4178
Författare:	Alexander Lindblad
Arbetets namn:	Bygguide för högtalare- Elektrodynamiska högtalare för hemmabruk
Handledare (Arcada):	Biström Johnny
Uppdragsgivare:	-
<p>Sammandrag:</p> <p>Det här arbetet handlar om elektrodynamiska högtalare och gjordes i form av ett byggprojekt. Själva högtalardelarna är köpta i form av en byggsats där högtalarlådan inte hörde till och är därför självkonstruerad. Syftet är att bygga två högtalaren av hög kvalitet för hemmabruk, samt göra en guidebok för hur man skall gå tillväga. Guideboken presenterar hela projektets gång, motiveringar för varför vissa beslut har tagits samt praktiska råd. Arbetet behandlar fördelar och nackdelar med att bygga egna högtalaren samt presenterar olika alternativ som finns på marknaden. Arbetet går även noggrant igenom en högtalares alla delar, från komponenter till lådan.</p> <p>Som avgränsning har valts de mest använda typerna av högtalare. Arbetet har en ekonomisk avgränsning eftersom högtalarna skall lämpa sig för personer med medelinkomst. En tidsmässig avgränsning finns också eftersom arbetet gjorts som ett examensarbete under våren 2013.</p> <p>En teoridel presenteras i arbetets början där olika allmänna högtalare och dess komponenter presenteras. Sedan följer själva byggprojektet som presenteras steg för steg. Arbetet kan lätt följas med hjälp av bilddokumentationen över de olika stegen.</p> <p>Som slutprodukt uppstod två tornhögtalare som kommer att användas i skribentens hem.</p>	
Nyckelord:	Elektrodynamiska element, högtalaren, byggprocess, delningsfilter, högtalarlåda
Sidantal:	
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Information and Media Technology
Identification number:	4178
Author:	Alexander Lindblad
Title:	Bygguide för högtalare- Elektrodynamiska högtalare för hemmabruk
Supervisor (Arcada):	Biström Johnny
Commissioned by:	-
<p>Abstract:</p> <p>This project is about electrodynamic loudspeakers and it was done as a building project. The actual loudspeaker pieces are bought as a building kit and the loudspeaker's box is bought and built separately.</p> <p>The aim of this project is to build two loudspeakers of high quality from home use. The aim is also to construct a guidebook for this all is done. The guidebook presents the whole project process, justifications for why certain things are done as they are as well as practical advice.</p> <p>This project includes benefits and disadvantages of building your own loudspeaker. It also presents different alternatives on the market. The different pieces of a loudspeaker are carefully presented, everything from the components to the actual loudspeaker box.</p> <p>The project is limited to the most common types of loudspeakers. There is an economic limitation since the loudspeakers shall be suitable for people with average income. Time limitation is another limitation since this project is done as a thesis during spring 2013.</p> <p>In the beginning there is a theoretical part which presents the most common loudspeaker types and their components. Following this chapter is the actual building process which is presented step by step. The project is easy to follow because of the figure documentation over the different steps.</p> <p>As an end product two tower speakers which will be used in the writers own home.</p>	
Keywords:	Electrodynamic driver, loudspeaker, building process, crossover, loudspeaker box
Number of pages:	
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Informaatio- ja mediatekniikka
Tunnistenumero:	4178
Tekijä:	Alexander Lindblad
Työn nimi:	Bygguide för högtalare- Elektrodynamiska högtalare för hemmabruk
Työn ohjaaja (Arcada):	Biström Johnny
Toimeksiantaja:	-
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tämä työ käsittelee sähködynaamisia kaijuttimia ja se tehtiin rakennusprojektina. Kaijuttimien osat ostettiin rakennussarjana mihin ei kuulunut kaijuttimen laatikko. Laatikko on ostettu ja rakennettu erikseen. Työn tarkoitus on rakentaa kaksi korkeanlaatuista kaijutinta kotikäyttöön sekä kirjoittaa opaskirja työprosessista. Opaskirja käsittelee projektin prosessia, perustelut tehdyistä päätöksistä sekä käytännöllisiä neuvoja.</p> <p>Opinnäytetyö käsittelee myös hyödyt ja haitat kun itse rakennat kaijuttimia. Työ käsittelee myös erilaisia vaihtoehtoja mitä markkinnoilla tänäpäivänä löytyy. Kaijuttimen eri osat käydään tarkasti läpi, komponenteista kaijutinlaatikkoon.</p> <p>Työ on rajattu käsittelemään ainoastaan ne kaikkein tavallisimmat kaijuttimet. Raja on myös taloudellinen sillä kaijuttimet on tarkoitettu henkilöille joilla on keskitulotaso. Tavallan voi myös sanoa että työllä on ollut raja myös aikataulus- sa sillä työ on tehty opinnäytetyönä kevään 2013 aikana.</p> <p>Työn alussa esitellään teoriaosa mikä käsittelee kaijuttimen eri osat ja komponentit. Tämän jakson jälkeen seuraa itse rakennusprojekti joka esitellään askel kerrallaan. Rakennustyö on helppo seurata kuvadokumentoinnin avulla.</p> <p>Lopputuote on kaksi tornikaijutinta mitkä tulee tekijän omaan kotikäyttöön.</p>	
Avainsanat:	Sähködynaamiset elementit, kaijutin, rakennustyö, kaijutinlaatikko
Sivumäärä:	
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>8</b>
1.1	Syfte .....	8
1.2	Frågeställning .....	9
1.2.1	Fördelar .....	9
1.2.2	Nackdelar .....	10
1.3	Avgränsning.....	10
1.4	Terminologi.....	11
<b>2</b>	<b>ELEMENTEN .....</b>	<b>14</b>
2.1	Elementtyper .....	14
2.1.1	Elektrodynamiska högtalarelementet .....	15
2.1.2	Elektrostatiska högtalarelement .....	18
2.1.3	Piezoelektriska högtalarelement .....	19
2.1.4	Bandelement .....	20
2.2	Mina element .....	21
2.2.1	Seas L18RNX/P .....	22
2.2.2	Seas 25TAFN/G + AWSM-140.....	23
<b>3</b>	<b>LÅDAN .....</b>	<b>25</b>
3.1	Typer av lådor.....	26
3.1.1	Sluten låda.....	26
3.1.2	Basreflex låda .....	27
3.1.3	Dubbelavstämd basreflexlåda .....	28
3.1.4	Bandpasslåda .....	29
3.1.5	Låda med slavbas .....	30
3.2	Min låda .....	30
<b>4</b>	<b>ÖVRIGA KOMPONENTER.....</b>	<b>32</b>
4.1	Dämpningsmaterial.....	32
4.2	Delningsfilter .....	32
4.3	Reflexrör .....	35
<b>5</b>	<b>BYGGPROCESSEN.....</b>	<b>36</b>
5.1	Definitionsfasen.....	36
5.2	Planerings- och designfasen .....	36
5.3	Genomförande fasen.....	36
5.4	Övervakande och kontrollerande fasen.....	37
5.5	Reflektionsfasen .....	37

5.6	Dokumentation av byggprocessen .....	37
<b>6</b>	<b>RESULTAT .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>AVSLUTNING .....</b>	<b>48</b>
	<b>KÄLLOR.....</b>	<b>49</b>
	<b>Bilagor .....</b>	<b>51</b>

## TABELLER

Tabell 1	Specifikation för mitt baselement (Seas 2013) .....	23
Tabell 2	Specifikation för min diskant (Seas 2013).....	24

## FIGURER

Figur 1	Elektrodynamiska högtalarelementet (drkrupp.se) .....	15
Figur 2	Uppbyggnaden av elektrodynamiska elementet.....	17
Figur 3	Domdiskant (Seas 2013).....	17
Figur 4	Elektrostatiska högtalaren (Sontec 2010).....	19
Figur 5	Piezoelektriska element (Scapro 2011).....	20
Figur 6	Aw-30 alu (Hifitalo 2013) .....	21
Figur 7	Seas L18RNX/P .....	22
Figur 8	Baselementets dimensioner (Seas 2013).....	23
Figur 9	Sluten låda (Drkrupp 2012) .....	27
Figur 10	Basreflexlåda (drkrupp 2012) .....	28
Figur 11	Dubbelavstämnd basreflexlåda (drkrupp 2012).....	29
Figur 12	Bandpasslåda (drkrupp.se 2012) .....	30
Figur 13	Slavbas (Drkrupp 2012) .....	30
Figur 14	Delningsfilter 1 .....	38
Figur 15	Delningsfilter 2 .....	38
Figur 16	Induktansmätare .....	38
Figur 17	Delningsfilter 3 .....	38
Figur 18	Utsågade skivor 1.....	39
Figur 19	Utsågade skivor 2.....	39
Figur 20	Framskiva skruvad i bänk.....	40

Figur 21 Utsågade skivor .....	41
Figur 22 CNC maskin .....	41
Figur 23 Lådan före limning .....	41
Figur 24 Limning av lådor .....	42
Figur 25 B3 lim .....	42
Figur 26 Torkade lådor .....	43
Figur 27 Ihopkoppling av komponenter .....	44
Figur 28 Diskant + vågledare .....	44
Figur 29 Tätning av elementet .....	44
Figur 30 Så gott som färdiga lådor .....	45

# 1 INLEDNING

I dagens läge är många saker väldigt tekniska och bland annat högtalare köps ofta som färdigt monterade. Den information som finns om hur man bygger högtalare är ofta bristfällig eller behandlar ämnet med mycket svårförståelig text och begrepp. Ibland kan man fråga sig ifall dagens människor vet vad som gömmer sig i en högtalare?

Mitt intresse i ämnet började många år sedan genom att lyssna på min pappas rock and roll skivor hemma. När jag var i 12 års ålder köpte pappa hem en ny stereo anläggning och jag fick ärva de gamla högtalarna. Dessa var ett par gamla Sony högtalare. Något senare började jag mer och mer göra olika kopplingar mellan dvd spelare, TV apparater och förstärkare. Sedan dess har det gott många år och intresset har vuxit mer och mer.

I kursen audioelektronik blev jag inspirerad att bygga en förstärkare. Under förstärkarbyggprocessen gick det upp för mig att jag inte äger ett par högtalare som jag skulle kunna utnyttja förstärkarens effekt med. Dessutom skulle 40 watts standardhögtalare inte hålla effekten av förstärkaren och de skulle gå sönder. Då började jag fundera på att bygga ett par kvalitativa högtalare för hemmabruk som jag kunde använda med förstärkaren. Sedan slog det mig att detta skulle bli ett bra examensarbete.

I dagens läge finns ett stort utbud av olika sorters högtalare och högtalarbyggsatser, och det är inte alltid lätt att veta hurdana typs högtalare som det lönar sig att skaffa. Denna bygguide skall hjälpa en audiointresserad person att välja och bygga ett par högtalare för hemmabruk.

## 1.1 Syfte

Syftet med projektet är att bygga ett par kvalitativa högtalare till ett rimligt pris, samt skapa en guide för hur man skall gå till väga då man skall bygga ett par högtalare. Högtalarna kommer att vara av hög kvalitet men kommer att vara riktade för hemmabruk. Guiden fungerar även som en dokumentation av bygg-



processen och kommer att hjälpa andra att utföra ett likadant projekt. I guiden kommer projektets olika byggfaser att tydligt gås igenom. Guiden innehåller också i sin teoridel allmän information om andra högtalarelement och lådtyper.

Som första delsyfte är att även fördjupa sig mer i högtalare, deras funktion och användning. Det andra delsyftet är att bygga ett par kvalitativa högtalare, till skribenten själv, som kan användas i hans hem. Detta kommer att vara examensarbetets slutprodukt.

## **1.2 Frågeställning**

Eftersom det idag finns ett stort utbud av högtalare, och för olika ändamål, bör man tänka på flera olika saker då man funderar på att skaffa ett par högtalare. En huvudtanke kunde vara att om det lönar sig att bygga högtalarna själv eller köpa färdiga fabrikshögtalare. Vilka är fördelarna och vilka är nackdelarna? Hurdana problem kan det eventuellt uppkomma? Sist och slutligen är det största hotet att högtalarna inte fungerar eller fungerar dåligt.

Idagens läge är det också svårt att hitta dokumentation av hur man bygger högtalaren. Eventuellt kan det hittas byggmaterial men inte i en mer utförlig form var läsaren förstår varför byggprocessen görs på ett visst sätt och inte på ett annat sätt.

### **1.2.1 Fördelar**

En av de största fördelarna med att bygga högtalare själv är att kostnaden kommer att vara relativt liten jämfört med ett par färdigt köpta fabrikshögtalare av samma kvalitet. Beroende på användningssyftet är det möjligt att välja enskilda komponenter för att uppnå önskat resultat. Då man bygger högtalare själv går det även att experimentera med olika komponenter för att se hurdant ljudet blir. Detta kräver dock en hel del med tid.

Utseendet på högtalarna kan själv bestämmas, hurdan färg och hurdan form. Det är även möjligt att ytbehandla högtalarlådan på nytt i ett senare skede, ifall

så önskas. Detta kanske man inte vill göra med en dyrare fabriksköpt högtalare. Det är dessutom en lärorik process att bygga egna högtalare.

Även om listan på nackdelarna är fler i antal, väger fördelarna mer. Det kan vara värt att sätta tid och satsa på kvaliteten framom de eventuella problemen som kan uppkomma i byggprocessen. Högtalarna kan dessutom omformas för just det önskade ändamålet och utseendet vilket fabriksframställda inte lika bra kan.

### **1.2.2 Nackdelar**

En nackdel med att bygga egna högtalare är att det kräver en hel del planering och tid om slutresultatet skall bli bra. Dessutom krävs det lite extra utrymme någonstans där det är tänkt att bygget skall utföras. Tillgång till verktyg av olika slag, skall inte vara ett problem.

En stor nackdel är att det inte är garanterat att högtalarna fungerar efter monteringen. I sådant fall är det högst sannolikt att någon koppling är fel. Om kopplingarna är rätt så är det möjligt att någon enskild komponent är sönder. Om högtalardelarna är köpta nya så har de ändå ofta en garanti. Om högtalarbygget är dåligt planerat är det möjligt att det uppstår oväntade kostnader, eller ljudkvaliteten inte uppfyller förväntningarna. I många fall är den egna ytbehandlingen av lådan inte av samma kvalitet som fabriksköpta högtalare fast ljudkvaliteten kan vara bättre i den självbyggda högtalaren.

## **1.3 Avgränsning**

Byggprojekt är avgränsat till att bygga passiva högtalare för hemmabruk. Projektet har även en ekonomisk avgränsning på grund av att högtalarna skall lämpa sig för vanliga hushåll med medelinkomst. Priset för det här projektet rör sig kring 500-600 €. I detta projekt kommer utseendet av högtalarna inte att prioriteras utan endast ljudkvaliteten kommer att beaktas.

Byggprojektet har avgränsats till elektrodynamiska högtalaren. Själva teorin har avgränsats till att behandla de vanligaste högtalarkonstruktionerna på dagens marknad. De mer speciella högtalarkonstruktionerna har valts bort eftersom det allmänna intresset är större för de mer vanliga typerna.

Projektet har även en tidsmässig avgränsning som är baserad på seminarium kurstidtabellen. Själva byggprocessen uppskattas att ta en till fyra veckor beroende på arbetsinsatsen per vecka, med hjälp av byggudden. I det här fallet uppskattas byggandet att ta cirka fyra veckor.

## 1.4 Terminologi

Inom audiotekniken används en hel del ord och begrepp som inte används allt för ofta i vardagligt språk. I detta stycke kommer det att presenteras en del av orden och begreppen som kommer att förekomma i detta arbete.

**Impedans:** Anger en komponents elektriska motstånd, är beroende av hur strömmen varierar med tiden.

**Reaktans:** Reaktans är en typ av elektriskt motstånd som är beroende av frekvensen.

**Faslinjäritet:** Ljudåtergivning som inte har en fasvridning.

**Linjär frekvensgång:** Linjär frekvensgång är det då en högtalare återger alla hörbara frekvenser lika kraftigt.

**Effekt:** Effekten är den energi som skickas till högtalaren. Effekttålighet är den effekt som ett element kan utsättas för utan att gå sönder.

**Bandbredd:** Bandbredden är det frekvensområde som behandlas av ett element eller ett delningsfilter.

**Resonansfrekvens:** Resonansfrekvensen berättar om i vilken frekvens högtalare konen vibrerar i fri luft, mäts i Hertz.

**Distorsion:** Distorsion är en förvrängning av en signal.

**Induktans:** Induktansen är förhållandet av det magnetiska flödet och strömstyrkan i en krets.

**Transientsvar:** En transient är en kort ljudimpuls. Transientsvaret berättar för oss hur denna korta ljudimpuls avtar. Ett bra transientsvar talar man om då basen är snabb. Om transientsvaret är dåligt kommer basen att låta som om den släpar efter, det kallas också för fläskbas.

**Verkningsgrad:** Verkningsgraden av ett element berättar hur effektivt ett element omvandlar effekten av förstärkaren till mekaniska svängningar.

**Q-värde:** Det totala Q-värdet betecknas  $Q_{ts}$ , och beskriver den mekaniska och elektriska eller magnetiska dämpningen av en högtalare. Det mekaniska Q-värdet betecknas  $Q_{ms}$  och det elektriska Q-värdet betecknas  $Q_{es}$ .

**Fasgång:** Fasgången beskriver hur en högtalare samtidigt kan skicka ut alla ljud i rummet. Om fasgången är dålig kommer detta att resultera i att stereobilden och perspektiv i ljudbilden påverkas. Ett mera tredimensionellt ljud fås om fasgången är bra.

**Ekvivalent volym:** Ekvivalent volym förkortas  $V_{as}$  och är ett mått på den akustiska fjädringsmjukhet i ett högtalar element.

**Frekvensgång:** Frekvensgången är ett uttryck som används för att ange sambandet mellan ljudstyrka och frekvens.

**Kantreflektioner:** Fasgången och frekvensgången av en högtalare påverkas av kantreflektioner. Kantreflektioner uppstår då en signals våglängd är mindre än hälften av avståndet till en kant. På grund av detta utjämnas det rakt framifrån

kommande ljudet vid vissa frekvenser. Mellanregistret utsätts värst för kantreflektioner. Det går att undvika kantreflektioner genom att inte använda en fyrkantig låda med parallella väggar (Linnaraudio 2013, Drkrupp 2012, Mundy 2004:24-27).

## 2 ELEMENTEN

I detta kapitel kommer det att presenteras olika typer av högtalarelement och hur de fungerar. Högtalarelementet är den del av högtalaren som omvandlar signaler till ljud. Olika typer av element används även för olika syften. Eftersom det finns ett stort utbud på olika högtalaren, allt från hörlurar till koncerthögtalaren, krävs det även olika typer av element. I det här examensarbetet kommer det att handla om tornhögtalare med elektrodynamiska element (Drkrupp 2012).

Då man skall välja högtalarelement är det bra att tänka på flera saker. Det är bra att ta i beaktande hurdana egenskaper som önskas av elementet. Bland annat frekvensrespons, linjäritet, effekt, distorsion, dynamisk längd, känslighet, polar reaktion och polaritet kan vara bra att tänka på. Ljudet påverkas även beroende på hur och var högtalarna är placerade i rummet (Alten 2011:43). Också storleken av rummet har en stor betydelse bland annat för hur stora element som rekommenderas. Som riktgivning kan sägas att små rum med lågt krav på bas nivån kan klara sig med 5 tums element, normalstorleks vardagsrum med medel krav på basen kan klara sig med 8 tums element och vardagsrum med höga krav på basen kan klara sig med mellan 10 och 12 tums element. Ett högtalarelement är en transducer, vilket betyder att den omvandlar en form av energi till en annan form av energi. Energin omvandlas från elektrisk energi till akustisk energi (Alten 2011:43, Eargle 2003:6, Drkrupp 2012).

### 2.1 Elementtyper

Det finns flera olika typer av högtalarelement. Dessa element har olika egenskaper och fungerar på olika sätt. Olika slags element ger även olika ljud (Alten 2011:43). I det här kapitlet kommer fyra typer av element att presenteras. De fyra huvudtyperna är elektrodynamiska-, elektrostatiska-, piezoelektriska- och bandhögtalarelement.

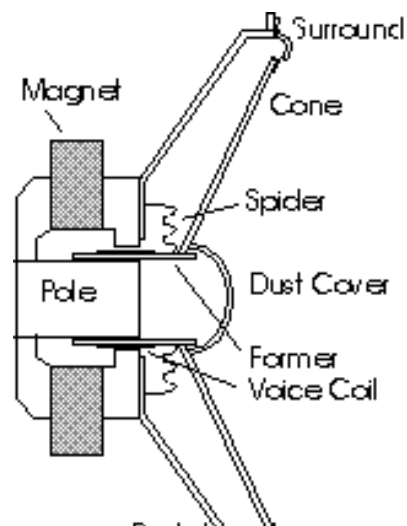
Ljudet från högtalarelementet kan påverkas och fördröjas beroende på hur de är fast satt i lådan och även beroende på hur de är placerade i förhållande till varandra. Det har även stor betydelse var i rummet lyssnaren befinner sig. Den

del av skivan elementen sitter fast på kallas för baffeln. Om lyssnaren inte befinner sig i jämnhöjd med en högtalare som har diskanten placerad ovanför mellanregistret, kommer ljudet av diskanten att nå lyssnarens öra före ljudet av mellanregistret. Det här är ofta ett oundvikligt problem, men ju brantare filter som används desto lindrigare blir problemet (Eargle 2003:127, Drkrupp 2012).

### 2.1.1 Elektrodynamiska högtalarelementet

Det elektrodynamiska högtalarelementet är enligt Dickason (1997:3-4) den vanligaste typen av högtalarelement. De flesta bas, mellanregister och diskanter är elektrodynamiska. Det elektrodynamiska elementet är huvudsakligen uppbyggt i tre delar; motorsystemet, diafragman och fjädringssystemet.

Surround	=	Upphängning
Magnet	=	Magnet
Con	=	Kon / Membran
Spider	=	Spindel (extra upphängning)
Dust Cover	=	Dammkåpa
Pole	=	Polstycke
Voice Coil	=	Talspole
Basket	=	Korg



Figur 1 Elektrodynamiska högtalarelementet (drkrupp.se)

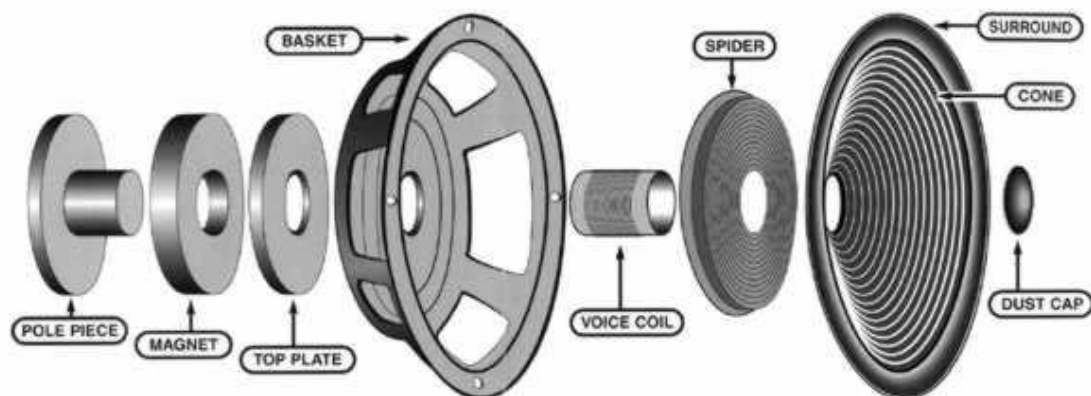
Motorsystemet består av fem delar; framplattan, polstycket, magneten, talspolen och bakplattan. Framplattan, bakplattan, magneten samt polstycket bildar tillsammans en donitsliknande form. Materialet av framplattan, bakplattan och polstycket skall vara av elektrisktledande material, vanligtvis järn. Framplattan och bakplattan samt polstycket fungerar som ledare av den magnetiska kraften. Då de elektriska signalerna når talspolen reagerar den med den magnetiska kraften och tillsammans skapas det vibrationer. Detta får diafragman att röra på sig (Dickason 1997:3-4, Mundy 2004:14-18).

Diafragman eller även kallad membranet, består vanligtvis av en kon och en dammkåpa (Dickason 1997:7). Diafragman är den viktigaste delen av högtalar elementet. Det är denna del som fungerar som en mekanisk akustisk transformator (Kelly i Borwick 1998:43). Formen av konen kan variera eftersom olika formers koner har olika sorts respons egenskaper. Det finns två olika design-typer som vanligtvis används. Den ena är den flata konen och den andra är den konvexa konen. Den flata kontypen har inte lika brett frekvensband som den konvexa kontypen och har inte heller en lika jämn frekvensrespons (Dickason 1997:7-8). Utöver de två ovannämnda kontyperna används även en tredje typ, den räfflade konen. Konernas material kan vara av olika slag, det förekommer bland annat koner av papp, plast och metall. Koner av papp och plast är betydligt billigare än koner av metall men kvaliteten är sämre. Koner av metall har en liknande ljudkaraktär som hos metallkupoler (Mundy 2004:14-18, Drkrupp 2012, Eargle 2003:27-30).

Dammkåpan används för att förhindra damm och smuts från att tränga in mellan polstycket och talspolen. Huvudsakligen används det två olika sorters dammkåpor, fasta och porösa. De porösa dammkåporna tillåter luft att passera igenom elementet, medan den fasta dammkåpan inte låter luft att passera igenom elementet vilket resulterar i att det uppstår en akustisk kammare som skapar lufttryckskillnader när konen rör på sig. För fasta dammkåpor finns det olika lösningar för ventilation. Dammkåpan inverkar på nerkyllningen av talspolen, beroende på hur luft tillåts att passera. Typen av dammkåpa påverkar även elementets högfrekvensrespons. Förutom en kon och dammkåpa kombination kan en kupol användas i stället. Det finns både konvexa och konkava kupoler, skillnaden mellan dessa är att den konkava kupolen är mycket mer effektiv i det höga frekvens området men har ett smalare riktningsmönster än den konvexa kupolen (Dickason 1997:7-8). Kupolen är ofta gjord av tyg eller metall. Ifall kupolen är gjord av metall måste den vara mycket lätt och hård. Det är viktigt att vikten förblir så lätt som möjligt ifall det skall uppnås en bra känslighet eftersom en större vikt kräver mera energi för att vibrera lika mycket. Enligt Karlsson låter en högtalare av metall annorlunda än en motsvarighet i tyg fast de har en likadana frekvensgång (Mundy 2004:14-18 : Drkrupp 2012).



Fjädringssystemet består av två delar; upphängningen och en spindel (även kallad för extra upphängning). Upphängningen är oftast gjord av ett mjukt material som t.ex. gummi eller skum. Dess uppgift är att hålla konen centrerad och dämpa vibrationer vid konens yttre kant. Spindelns uppgift är huvudsakligen den samma som upphängningen men dess huvuduppgift är att få de vibrerande delarna att återhämta sig till ursprungsläge. Spindeln är ofta gjord av veckat eller vågigt linne. Det är styvheten av linnet som bestämmer elementets resonans (Dickason 1997:8-9, Eargle 2003:33-34).



Figur 2 Uppbyggnaden av elektrodynamiska elementet (Head-fi 2007)

Det finns tre huvudtyper av elektrodynamiska högtalarelement. Dessa är bas, mellanregister och diskant. Baselementets diafragma består vanligtvis av en kon och vars frekvensband ligger vanligen någonstans mellan 16 och 400 Hertz. Det kan löna sig att använda flera mindre baselement istället för ett stort. Små baselement har ofta lättare att hänga med i snabba bastoner. Mellanregisterelement är också vanligen byggt med en kon. Mellanregistret återger vanligen ett frekvensband mellan 400 och 2000 Hertz. I både bas- och mellanregisterelement rör sig konen då signaler skickas till den. Då signalerna kommer snabbare kommer även konen att röra på sig snabbare och får därmed en snabbare acceleration. Accelerationen av konen resulterar i att



Figur 3 Domdiskant (Seas 2013)

konen böjer sig, detta brukar kallas för uppbrytning. Ju styvare konen är desto mindre böjer den sig. Resonansfenomenen som uppkommer kan flyttas upp i frekvensen genom att göra konen mycket styv. Ifall konen inte är stel så går det bra att använda material som absorberar vibrationerna (Drkrupp 2012).

Diskantelement är jämfört med baselement mycket små och lätta. Diskantelement återger vanligen ljud från 2000 till 20 000 Hertz. De har en mycket lättare och mindre kon vilket gör att den kan vibrera i högre frekvenser. Vanliga typer av diskantelement är domdiskant eller kupoldiskant, bandelement diskant, elektrostatiske diskant eller piezoelektrisk diskant. Domdiskanten är elektrodynamisk men utan en kon. För professionell användning används ofta kupoldiskanter. Kupoldiskanter används ofta i kombination med ett horn. Hornet förstärker ljudet och ger bra spridningsegenskaper. Horn passar ypperligt för diskanter eftersom diskanter återger ljud med kort våglängd. I teorin kan man även kombinera ett horn med ett bas element men då skulle hornet bli mycket opraktiskt stort (Mundy 2004:19-21, Drkrupp 2012).

Bredbandselement är elektrodynamiska element som är menade att återge alla frekvenser. På grund av att elementet skall återge alla frekvenser kan man klara sig utan delningsfilter. Eftersom en bashögtalare inte kan återge alla frekvenser har man i bredbandselement placerat en liten kon eller tratt nära talspolen. Denna lilla kon kommer att röra på sig oberoende av stora konen. Den lilla konen fungerar som en diskant och den stora konen som bas. En fördel med bredbandselement är att kostnaden ofta blir lägre jämfört med att köpa diskant och bas skilt. En annan fördel är att det inte uppstår fasproblem om det används ett delningsfilter (Drkrupp 2012).

### **2.1.2 Elektrostatiske högtalarelement**

Elektrostatiske högtalarelement används mera sällan och dessa kallas även för kapacitorhögtalare. En elektrostatisk högtalare är dyr att tillverka i jämförelse

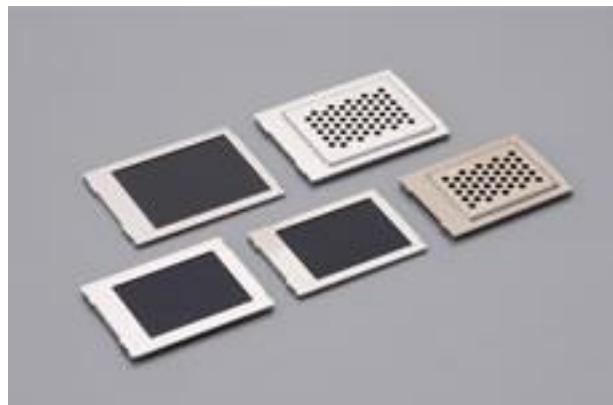
med det elektrodynamiska högtalar elementet (Alten 2011:43). En elektrostatisk högtalare består av en diafragma som är belägen mellan två styva, parallella elektroder. Den tunna diafragman vibrerar beroende på spänningen från elektroderna. Diafragman rör sig från de positivt laddade elektroderna mot de negativt laddade. Spänningen påverkar jämt hela diafragman vilket innebär att diafragman kan göras väldigt lätt (Jordan 1963:177-178). I och med den elektrostatiska tekniken är det möjligt att bygga högtalare med låg distorsion, bättre responsfrekvens och spridningsegenskaper som är mer lämpande för rumsakustik (Baxandall i Borwick 1998:106). Kraften som utsätts på diafragman är betydligt mindre än i ett elektrodynamiskt högtalar element. På grund av att diafragman rör sig med låg kraft resulterar det i att elementet inte klarar av att producera mycket höga ljudnivåer (Alten 2011:43). Typiskt för elektrostatiska element är att de används i en sluten låda. Vid låga frekvenser så som 50 Hz kontrolleras diafragman nästan enbart av luftens styvhet i den slutna lådan. Det finns en annan typ av element som fungerar med samma princip som de elektrostatiska elementen nämligen de magnetostatiska högtalarelementen. I ett magnetostatiskt element är diafragman belägen i ett magnetfält i stället för ett elektriskt fält (Baxandall i Borwick 1998:136).



**2.1.3 Piezoelek** *Figur 4 Elektrostatiska högtalaren (Sontec 2010)*

Piezoelektriska högtalarelement är en typ av element som används som diskantter och mellanregister. Piezoelektriska element har ingen talspole eller magnet. Elementet har i sig keramiska kristaller som reagerar på in signalen från förstärkaren. Då de elektriska signalerna når de keramiska kristallerna börjar de

vibrera och på så sätt skapa förändringar i lufttrycket som vi sedan hör som ljud. På grund av att kristallerna kan vibrera begränsat går denna teknik inte att använda sig av för låga frekvenser. Piezoelektriska element har ofta en bristfällig ljudkvalitet och går att finna bland annat i en del talande leksaker och telefoner. Piezoelektriska element har en mycket hög frekvensrespons och det är vanligt att de används i kombination med ett horn. Piezoelektriska element är relativt förmånliga eftersom de inte består av många delar (Mundy 2004:20, Drkrupp 2012).



*Figur 5 Piezoelektriska element (Scapro 2011)*

#### **2.1.4 Bandelement**

Bandelement är en typ av elektrodynamiska element som kallas även för ribbonspeaker. Bandelement har en mycket annorlunda uppbyggnad än normala elektrodynamiska högtalarelementen. Bandelement använder platta magnetsystem som består av många mindre magneter. Mellan magneterna i magnetsystemet ligger något som är elektriskt ledande och fungerar både som en talspole och som ett membran. Hela membranet påverkas åt samma håll, jämnt av alla magneterna vilket är en av fördelarna med att använda sig av bandelement. Tack vare uppbyggnaden av elementet blir man av med många resonansproblem (Drkrupp 2012, Linnaradio 2013).

Bandelement kan vara relativt dyra på grund av sin konstruktion men de har speciella akustiska egenskaper. Även transientsvaret blir bra på grund av hur membranet drivs. Ljudspridningen hos ett bandelement är mycket annorlunda till skillnad från vanliga elektrodynamiska element. Detta beror på formen av

elementen, det elektrodynamiska elementet är ofta runt och sprider ljudet lika mycket åt alla håll medan ett bandelement sprider ljudet mera horisontellt. I och med detta minskas oönskade ljudreflektioner från golvet (Drkrupp 2012).

## 2.2 Mina element

För mitt byggprojekt valde jag Audiokits Aw-30 Alu högtalarelement byggsatsen. Byggsatsen är skaffad från Hifitalo i Salo. Jag valde just den här för att den är relativt förmånlig (309 € styck) och relativt effekttålig. Denna byggsats lämpar sig speciellt för det här examensarbetets syfte, det vill säga för hemmabruk. Det dyrare alternativet skulle inte ha gett en betydligt mycket större effekt trots sitt höga pris. Det billigare alternativet skulle igen inte ha uppfyllt tillräckligt höga kvalitetskrav. Högtalarna lämpar sig både till att lyssna på musik samt som hemmabiosystem (Hifitalo 2013: Powerset 2013).



*Figur 6 Aw-30 alu (Hifitalo 2013)*

I byggsatsen ingår det två stycken Seas L18RNX/P bas element och en Seas 25TAFN/G diskant. I byggsatsen ingår det förutom elementen också skruvar, kablar, tätningar, delningsfilter, T105 terminal, AWSM-140 vågledare och reflexrör (Hifitalo 2013). Enligt Hifitalo (2013) är delningsfiltrets komponenter av hög kvalitet. Den kommer som en färdigt ihopsatt del i byggsatsen. Basens ljudkvalitet är enligt Hifitalo (2013) både noggrann och ren. Basfrekvensen går enda ner till 30 Hertz. Det allmänna tonläget eller "soundet", är neutralt och balanserat. Diskanten låter ren, utan några som helst störningar. Detta gör att diskantens frekvensband lätt går att urskiljas ur helhetsljudet (Hifitalo 2013, Powerset 2013).

Material till själva högtalarlådan ingår inte i byggsatsen. Virket för lådan köpte jag från Vallilan Puutavara Ab, som är ett företag som säljer virke i närheten av min skola. Ihopmonteringen av lådan utfödes i skolans utrymmen.

### 2.2.1 Seas L18RNX/P

Baselementet i min byggsats, är av märke och modell Seas L18RNX/P. Den är till storleken 6,5 tum i diameter och är ett baselement för högklassig ljudåtergivning. Elementet är av den elektrodynamiska elementtypen (Seas 2013). Motorsystemet i elementet är stort vilket



Figur 7 Seas L18RNX/P

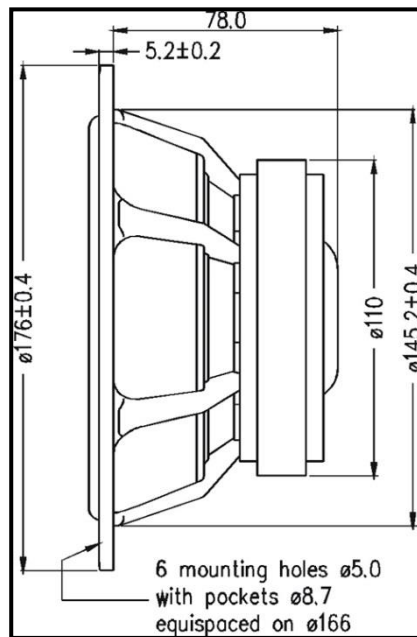
ger ett bra transientsvar. Talspolen är lång och gjord av koppar som är överdragen av aluminium. Tillsammans med den utbucklade backplattan tillåtes en stor rörelse av talspolen vilket resulterar i låg distorsion (Seas 2013).

Elementets diafragma består av en svagt konvex och lätt kon, som är gjord av aluminium, och en fast dammkåpa. Upphängningen är gjord av gummi. Ramen i sin tur är gjord av gjuten metall. Den har stora luckor både ovanför och under spindeln vilket bland annat minskar på ljudreflektionen (Seas 2013). Ramens öppna design effektiviserar nerkyllningen av talspolen bättre. På detta sätt hålls distorsionen låg och ljudet mer linjärt vid högre volymer. Längden på talspolens rörelse förbättrar basdynamiken. Dessutom förlängs effektkapaciteten (Power-set 2013). Elementets närmare specifikationer finns i tabell 1. I figur 6 kan bas-elementets dimensioner ses.

Impedans	8 ohm	Talspolens resistans	5,8 ohm
Rekomenderad frekvens	40-2500 Hz	Talspolens induktans	1,06 mH
Tillfällig effekt	250 W	Kraft påverkning (Force Factor)	7,2 N/A
Långtids effekt	100 W	Fri luft resonans	36 Hz
Karakteristisk känslighet (2,83V, 1m)	88 dB	Rörelse massa	13,6 g
Talspolens diameter	39 mm	Luft massan i IEC baffeln	0,82 g

Talspolens höjd	18 mm	Fjädrad överensstämelse	1,4 mm/N
Höjd på luftrummet (Air Gap Height)	6 mm	Fjädrad mekanisk resistans	1,56 Ns/m
Linjär rörelse av spolen (p-p)	12 mm	Effektiv kolv yta	126 cm <sup>2</sup>
Maximal rörelse av spolen (p-p)	22 mm	VAS	30 Liter
Magnetisk flödestäthet	1,0 T	QMS	2,09
Magnetens vikt	0,64 kg	QES	0,36
Total vikt	1,92 kg	QTS	0,31

Tabell 1 Specifikation för mitt baselement (Seas 2013)



Figur 8 Baselementets dimensioner (Seas 2013)

### 2.2.2 Seas 25TAFN/G + AWSM-140

Diskanten är en Seas 25TAFN/G i kombination med en AWSM-140 vågledare. Diskanten är en 25 mm kupoldiskant för högklassig ljudåtergivning. Den har en plastram som är förstärkt av glasfiber. Diskanten är utrustad med en neodymium magnet vilket gör högtalaren högklassig, med en kompakt design. Denna diskant är även väl lämpad för ljudsystem i bilar på grund av elementets design (Seas 2013).

Diskantens motorsystem är konstruerat så att den har en väldigt lågt magnetiskt läckage på grund av att magneten är omgiven av ett mjukt stålskal (Seas 2013). Talspolen är omgiven av en magnetisk vätska vilket möjliggör en hög effekthan-



teringsförmåga (Seas 2013). Diafragman av diskanten är noggrant gjord av aluminium som resulterar i en god akustisk spridning i över 10 kHz. Diskanten omges av en mjuk polymidyta, på grund av polymidytan fås en ypperlig mekanisk linjaritet (Seas 2013).

Diskanten har en vågledare som är placerad framför diskanten som en tratt och den är gjord av plast. Med hjälp av vågledaren sprids frekvensbandet jämt i närområdet. På grund av vågledaren kan delningsfiltret göras relativt enkel. Vågledarens uppgift är även att förbättra stereoljudeffekten. Vågledaren limmas fast i diskanten innan den monteras i lådan (Powerset 2013). Närmare specifikationer för diskanten finns i tabell 2.

Impedans	6 ohm	Talspolens resistans	4,8 ohm
Rekomenderad frekvens	3000-25000 Hz	Talspolens induktans	0,05 mH
Tillfällig effekt	240 W	Force Factor	-
Långtids effekt	100 W	Fri luft resonans	1800 Hz
Karakteristisk känslighet (2,83V, 1m)	89 dB SPL	Rörelse massa	0,33 g
Talspolens diameter	26 mm	Luft massan i IEC baffeln	-
Talspolens höjd	1,5 mm	Fjädrad överensstämning	-
Höjd på luftrummet (Air Gap Height)	2 mm	Fjädrad mekanisk resistans	-
Linjär rörelse av spolen (p-p)	0,5 mm	Effektiv kolv yta	7 cm <sup>2</sup>
Maximal rörelse (p-p)	-	VAS	30 Liter
Magnetisk flödestäthet	1,3 T	QMS	2,09
Magnet vikt	0,01 kg	QES	0,36
Total vikt	0,09 kg	QTS	0,31

Tabell 2 Specifikation för min diskant (Seas 2013)



### 3 LÅDAN

Då man bygger högtalarlådor finns det mycket att tänka på. Högtalarens egenskaper påverkas mycket av hurdan form, storlek och typ högtalarlådan är. Även kvaliteten och mängden dämpningsmaterial påverkar högtalarens egenskaper.

När konen på en högtalare rör på sig, det vill säga spelar något, skapas det övertryck och undertryck. Då konen rör sig framåt bildas det övertryck eller en luftförtätning, på konens baksida bildas det samtidigt undertryck eller en luftförtunning. Dessa luftförtunnningar och luftförtätningar uppfattar vi som ljud. Om det inte används en högtalarlåda skulle luften från framsidan fylla undertrycket på baksidan. Luftutjämningen kallas för akustisk kortslutning och gör att ljudet försvinner. Detta påverkar mest basfrekvenserna. För att minska på luftutjämningen är det viktigt att lådan är tät och ifall lådan har reflexrör skall de vara av rätt dimension (Drkrupp 2012, Mundy 2004:24, Linnaraudio 2013).

Lådans volym har dock en större inverkan på ljudet än vad formen har. Det finns flera formler och program som kan hjälpa dig att bygga rätt låda. Programmen berättar oftast inte hurdan form lådan skall ha utan beräknar endast lådans volym (Drkrupp 2012).

Vissa element kräver en viss typ av låda för att fungera bra. Faktorer som har största inverkan på ljudet är element, delningsfilter och lådan. Nästmest inverkan på ljudet har kantreflektionerna och efter det lådvibrationerna (Drkrupp 2012). Materialet av lådan har också en stor betydelse på ljudåtergivningen. Genom att använda viss typ av material och förstärkningar i lådan blir konstruktionen av lådan styvare och stabilare. Det strävas till att bygga stabila och täta lådor för att hindra lådans väggar från att röra sig till musiken. Rörelser av lådans väggar resulterar i missljud. Beroende på lådväggarnas ytstorlek och materialets styvhet får väggarna en egen resonansfrekvens. För att effektivt dämpa resonansen används tjockt och styvt lådmaterial. Det enda sättet att undvika lådvibrationer är att använda förstärkningar i lådan, styvt material, dämpningsmaterial och att undvika bara vinkelräta ytor i lådan (Linnaraudio 2013, Drkrupp 2012).

Som lådmaterial används det bland annat betong, spånskiva, fanerskiva eller MDF-skiva. Ifall lådan görs av betong kommer den att vara mycket styv och tung. Att använda betong som byggmaterial är ändå inte vanligt då det byggs högtalaren för hemmet. Användning av spånskiva är vanligare, speciellt i förmånligare högtalare. Spånskivan är inte alltför styv eller tung och därför är det bra att använda en tjock spånskiva för att lådans egenskaper skall bli bra. Fanerskivan måste också ha en viss tjocklek för att dämpa resonanserna effektivt, fanerskivan är mycket tyngre och hårdare än spånskivan, och passar bra för högtalarbyggen. MDF står för medium density fiberboard och är också styv och tung. MDF-skivan är finare och tätare än spånskivan och det räcker med en tunnare skiva av MDF än spånskiva för att göra en bra högtalarkonstruktion. MDF-skiva är mycket väl lämpat för att bygga högtalare med, och resultatet blir oftast bra (Drkrupp 2012).

För dem som själv vill räkna ut måtten på sin låda utgående från en given lådvolymer kan använda följande formel:  $\text{volymer} \times 1000 / \text{mått1} / \text{mått2} = \text{mått3}$ . Till exempel en 40 liters låda med bredden 35 cm och höjden 100 cm,  $40 \times 1000 / 35 / 100 = 11,428... \text{cm}$ . Då skall djupet alltså bli ungefär 11,4 cm (Drkrupp 2012).

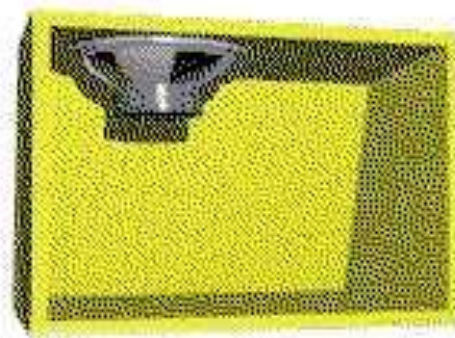
### **3.1 Typer av lådor**

Typ av lådan är beroende på hurdant slutresultat man önskar få. Som tidigare nämnts har materialet, formen och volymen en stor skillnad. I det här arbetet kommer den slutna lådan, basreflexlådan, dubbelavstämda reflexlådan och bandpasslådan att presenteras noggrannare. Beroende på ett elements Q-värde passar elementet i olika lådor (Drkrupp 2012, Mundy 2004:25).

#### **3.1.1 Sluten låda**

En sluten låda eller en tryckkammarhögtalare, som det också kallas, är som namnet säger en låda utan öppningar. Lådan skall vara tät så att det inte sker någon akustisk kortslutning. Ifall lådan inte är helt tät kommer basåtergivningen

att försämrats. En sluten lådas verkningsgrad är ofta sämre än en så kallad basreflexlådas. Ifall det är tänkt att bygga en högtalare med sluten låda är det rekommenderat att elementet skall ha ett Q-värde från 0,45 till 0,85. Till den slutna lådans fördelar hör bland annat att den har ett renare ljud. Andra fördelar är att den är mycket enkel att bygga och inte särskilt kritisk för dimensionskillnader. Beroende på lådvolymer fås olika egenskaper på ljudet, bättre basljud fås ju större volym det är på lådan. Det är bra att komma ihåg att om lådan är mycket stor blir elementets egenskaper dominerande, och om lådan är liten så är det volymen av luften som blir dominerande. En nackdel med slutna lådor är att basen ofta kan bli svag. Annat som kunde nämnas är att transientsvaret brukar vara mycket bra i slutna lådor (Drkrupp 2012, Mundy 2004:24-25).



*Figur 9 Sluten låda (Drkrupp 2012)*

### **3.1.2 Basreflex låda**

Basreflexlådan är den vanligaste typen av högtalarlåda och många av världens bästa högklassiga högtalare använder sig av denna lådtype. En basreflex låda är som en sluten låda bara att den har en öppning. Öppningen förändrar lådans egenskaper betydligt. Öppningen är oftast ett rör som kallas för reflexrör. Lådan och röret bildar tillsammans en akustisk resonanskammare. Röret väljs oftast så att det passar ihop med elementet och lådvolymer. Ifall resonansen är rätt placerad i basreflexlådan blir basen lägre än i en sluten låda. Det är dock mycket viktigt att ta lådans volym, reflexrörets diameter och elementets egenskaper tas i beaktande då en reflexlåda byggs. I värsta fall kan elementet gå sönder. Om elementets konarea är stor i jämförelse med lådvolymer är det inte till stor nytta att använda sig av ett basreflexsystem eftersom reflexrör inte påverkar speciellt mycket i små lådor. Dålig dimensionering av en basreflexlåda

kan resultera i oklart ljud. Medan en basreflexlåda med rätta dimensioner har en snabb och djup basåtergivning, vilket är en av fördelarna med att använda en basreflexlåda (Drkrupp 2012, Mundy 2004:25-26).

En annan fördel är att klangen i basregistret kan påverkas med flera möjligheter och frekvensgången är bred. Rörets dimension, diameter och längd, bestämmer avstämningen (rörets resonansfrekvens). Då avstämningen är rätt blir frekvensgången jämn. Om en hög avstämning väljs för lådan så blir det en topp (peak) i frekvensgången, samma resultat kan fås med hjälp av en liten lådvolym (Drkrupp 2012, Mundy 2004:25-26). Lättast kommer man undan då man väljer element som har färdigt planerade lådor.

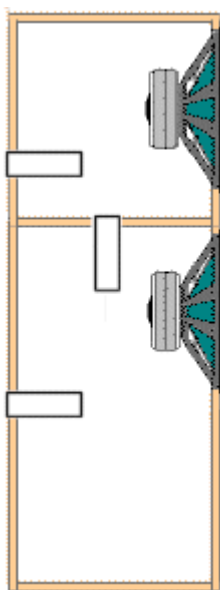


*Figur 10 Basreflexlåda (drkrupp 2012)*

### **3.1.3 Dubbelavstämd basreflexlåda**

Den dubbelavstämda basreflexlådan är inte lika vanlig som den slutna lådan eller basreflexlådan. Det finns många olika versioner av dubbelavstämda basreflexlådor. Dessa lådor består av två kammare med oftast ett eller två element. Ifall alla reflexrör har samma dimensioner blir lådan på så sätt avstämd till två frekvenser med en oktavs mellanrum till skillnad från en vanlig basreflexlåda som är avstämd till bara en frekvens. Detta resulterar också i att dämpningen på elementen ökar. Den dubbelavstämda basreflexlådan är uppbyggd så att båda kamrarna har ett eget reflexrör, dessutom är de båda kamrarna kopplade till varandra med ett tredje reflexrör. Rören skall alla ha samma dimensioner och vara placerade mer än tio centimeter från baselementet. Om reflexröret är för nära elementet blir högtalaren mer känslig för resonanser och missljud för högre och mellan bas register. Annars är det inte så noga med hur rören är pla-

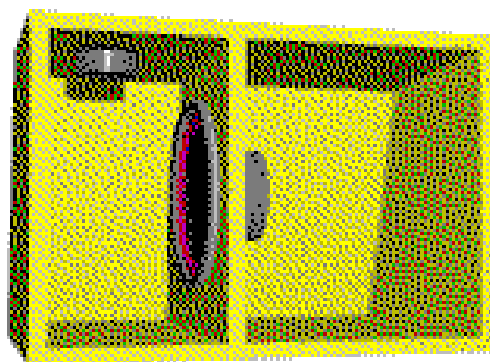
cerade. För att minska på oönskade resonanser och missljud hjälper det även med lite dämpningsmaterial. I en typisk dubbelavstämd basreflexlåda är den andra kammarens volym dubbelt så stor som den första kammaren. En fördel med dubbelavstämda basreflexlådor är att de har ett bredare frekvensområde än en vanlig basreflexlåda. Lådan fungerar så att elementet vid låga frekvenser beter sig som om den skulle var monterad i en vanlig basreflexlåda med volymen av de båda kamrarna. Vid högre frekvenser blir ljudet mera dämpat (Drkrupp 2012).



Figur 11 Dubbelavstämd basreflexlåda (drkrupp 2012)

### 3.1.4 Bandpasslåda

En typisk bandpasslåda har två kammare med ett inbyggt element. Elementet går inte att ses utifrån. Lådan har vanligen ett reflexrör i kammaren framför elementet eller två reflexrör; ett i den främre kammaren och ett i den bakre kammaren. Ifall lådan är av typen med bara ett reflexrör har den liknande egenskaper som den slutna lådan. Eftersom elementet är inbyggt kommer lådan att fungera som ett bandpassfilter, varifrån namnet på lådan kommer. Om lådan är av denna typ är det mycket viktigt att ha rätt dimensioner på reflexröret. En bandpasslåda med två reflexrör påminner till egenskaperna mer en vanlig basreflexlåda. Bandpasslådan med två reflexrör har ett bredare frekvensomfång och är mer känslig för felberäkningar än en bandpasslåda med ett reflexrör. Bandpasslådor används mera sällan i hifi anläggningar (Drkrupp 2012).

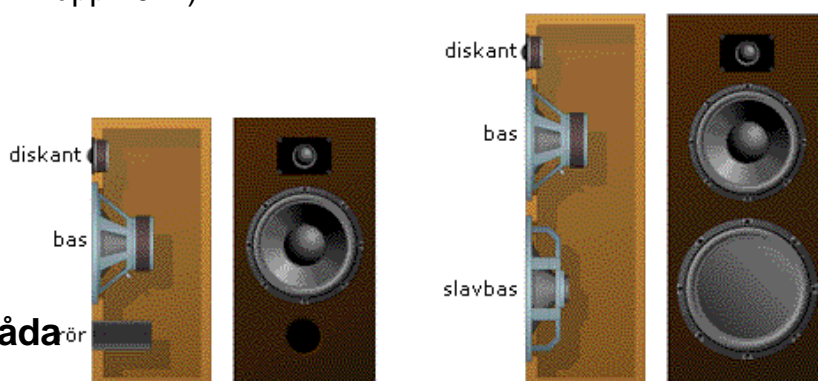


Figur 12 Bandpasslåda (drkrupp.se 2012)

### 3.1.5 Låda med slavbas

En låda med slavbas fungerar som en basreflexlåda. En slavbaskonstruktion kallas också för passiv radiator låda. En låda med slavbaskonstruktion har inget reflexrör istället använder den en slavbas för att förstärka de låga frekvenserna. En låda med slavbas har en undre gränshäns som är lite högre än i en basreflex låda. Även brantheten är lite högre. Som slavbas går det till exempel att använda ett gammalt högtalarelement med bortplockad magnet och polplatta. Beroende på vikten av slavbasen bestäms avstämningen, högre vikt resulterar i en lägre avstämning och mindre vikt resulterar i en högre avstämning. Det är bra att använda en slavbas som har större diameter än baselementet som skall användas (Drkrupp 2012).

### 3.2 Min låda



Lådan jag kommer att bygga är till formen ett torn och består av flera kammare och två stycken reflexrör. Jag valde att göra lådan av MDF-skivor eftersom MDF-skiva lämpar sig mycket väl till att bygga högtalare med.

Materialet för lådan köptes från Vallilan Puutavara Ab. På grund av att stället fanns nära beläget skolan och för att min handledare rekommenderade stället, valde jag att gå just dit. Själva virket blev ca 35 € och eftersom jag ville ha delarna i rätta dimensioner betalade jag 20 € för sågningen.

Lådan baserar sig på Hifitalos TransFlex teknik. Tack vare TransFlex tekniken spelas basen mera noggrant och naturligt i jämförelse med en vanlig reflexlåda. Ljudåtergivningen är även mer linjär i jämförelse med en vanlig reflexlåda, vilket gör att bas frekvensen går lättare att urskilja i höga volymer. Lådan är tack vare de inre delarna som bildar kamrarna väldigt stabil och resonansen blir låg (Hifitalo 2013, Powerset 2013).

## 4 ÖVRIGA KOMPONENTER

En högtalare består av flera komponenter än bara element och låda. I detta kapitel kommer dämpningmaterial, delningsfilter och reflexrör att presenteras. Det förekommer även många andra delar som t.ex. sladdar och kablar, horn, vågledare och många fler, men i det här arbetet presenteras endast dessa större helheter. I aktiva högtalare ingår även ett slutsteg, som fungerar som högtalarens inbyggda förstärkare.

### 4.1 Dämpningsmaterial

Som dämpningsmaterial i högtalarlådor rekommenderas det att använda speci-  
alvadd som går att köpa från affärer som är specialiserade på audio. Det går även att använda glasfiberull. Glasfiberullen är billigare men är mycket jobbig att arbeta med eftersom hudiritationer kan uppstå vid kontakt med huden. Ifall glasfiberull används i en låda med reflexrör finns det risk för att det läcker ut fibrer i rummet, glasfiberull är inget man vill ha i sin soffa (Drkrupp 2012).

Dämpningsmaterialet i fungerar så att den dämpar luftresonanserna i lådan. En sluten låda kan vara relativt fulltpackad av dämpningsmaterial medan en låda med reflexrör skall ha betydligt mindre dämpningsmaterial. I en låda med reflexrör är det mycket viktigt att reflexröret inte blir blockerat av dämpningsmaterialet och luftflödet hindras. Mängden dämpningsmaterial skall inte räknas med in i lådans volym, detta är på grund av att vadden inte är lufttät och inte upptar mycket av lådans volym (Drkrupp 2012).

### 4.2 Delningsfilter

Delningsfiltret delar effekten från förstärkaren mellan flera element i en högtalarlåda. Största delen av förstärkareffekten kommer att gå ut till baselementet. På detta sätt kommer ljudsystemet i praktiken att klara av mera effekt än det som elementen är märkta med. Delningsfiltret har en stor betydelse för ljudet och stereobilden. Ett enkelt delningsfilter består av tre komponenter; en spole, kondensator och resistor (Drkrupp 2012, Mundy 2004:28-31).



Delningsfiltret kan i värsta fall söndra både element och förstärkare om delningsfiltret är felaktigt. Därför är det viktigt att kontrollera att det är rätt i förhållande till elementen. Det finns två orsaker till varför man använder delningsfilter:

- 1) De flesta diskant- och mellanregistrelement tål inte basljud. De kan lätt gå sönder av redan små effekter. Låga frekvenser ur ett element menat för höga frekvenser låter inte bra.
- 2) Höga frekvenser i bas- och mellanregistrelement orsakar resonansfenomen. Då de högre frekvenserna filtreras bort minskar resonans problemen (Drkrupp 2012, Mundy 2004:28-31).

Spolen i delningsfiltret ökar motståndet, eller impedansen, med ökad frekvens. Spolen dämpar upp höga frekvenser. Medan kondensatorn ökar impedansen med minskad frekvens. Kondensatorn dämpar de låga frekvenserna. I delningsfilter används resistiva motstånd för att dämpa signaler. Genom att använda komponenter med olika värden fås olika dämpningar för olika frekvenser (Drkrupp 2012, Mundy 2004:28-31).

Det är bra att använda delningsfilter då man vill koppla ihop flera element och separera dem elektriskt från varandra. Ett delningsfilter har ingen skarp gräns var den dämpar frekvenserna. Filtret bara dämpar signalerna. Det avgörande för var frekvenserna filtreras är elementets frekvensomfång. Dämpningen mäts i decibell, ett 12 dB filter dämpar signalen med 12 dB per oktav. En oktav kan vara hälften eller det dubbla av den angivna frekvensen. Basen skall vara dämpad i de höga frekvenserna medan diskanten skall vara dämpad i de låga frekvenserna. De bör också vara anpassade till varandra. Om detta inte uppföljs kan det resultera i att elementet och förstärkaren går sönder, och i bästa fall, av de dåliga alternativen, så blir resultatet att låta dåligt (störningar i ljudet). Ifall frekvenserna är för dämpade kan det innebära ett glapp i frekvensgången (Drkrupp 2012, Mundy 2004:19).

Det finns fyra ordningar vilka mäter hur effektivt ett delningsfilter är. Det talas också om delningsfiltrets branthet. Ordningen mäts i decibel/oktav. Ju brantare eller högre ordning filtret har desto effektivare är det. Det mest effektiva filtret är inte nödvändigtvis det bästa för alla ändamål. Delningsfilter av första ordningen har teoretiskt sett inget fas problem medan filter av högre ordning får fas problem. Ifall faser ändras mycket med frekvensen kan stereoperspektivet förändras (Drkrupp 2012).

En transient är en kort impuls och beskriver elementets reaktionstid. Då ett filter av fjärde ordningen används i en högtalare förvränger den transienter betydligt mer än ett filter av första ordningen. Ett filter av första ordningen påverkar transienter inte alls. Ju flera branta filter som används desto mera försämras faszgången och transienter förvrängs mer. Ett filter av första ordningen är ganska lätt att bygga eftersom det inte består av många komponenter. Medan delningsfilter av fjärde ordningen är mycket mer invecklade och svåra att bygga. Delningsfilter av fjärde ordningen är av hög känslighet och det är viktigt att de enskilda komponenterna har de exakta uträknade värdena. Även om det bara är små skillnader på mätvärdena i de enskilda komponenterna i jämförelse med de uträknade ideala värdena kan det ha en stor inverkan på ljudkvaliten. Störningar som kan inverka på delningsfiltrets funktion är högtalarelementets impedans, ifall filtret störs blir resultatet en ojämn frekvensgång (Drkrupp 2012).

Delningsfiltret som ingick i högtalarbyggsatsen är av första ordningen, brantheten är 6 dB/oktav. Komponenterna är av högkvalitet och delningsfiltret kom nästan färdigt monterat (Hifitalo 2013, Powerset 2013). Det var fyra spolar av rätt induktans som saknades då jag köpte byggsatsen, två spolar per delningsfilter. Istället fick jag spolar med betydligt mycket högre induktans. Dessa spolar modifierades sedan till de rätta värdena som kontrollerades med en induktansmätare. När värdena var rätt löt jag fast spolarna i kretskortet.

### 4.3 Reflexrör

Det finns olika sorters reflexrör som går att använda i högtalarbyggen. Reflexrörets storlek och längd varierar beroende på de element som används i konstruktionen. Elementets diameter påverkar mycket hurdan reflexrör som lämpar sig. Det får inte vara en för stor eller för liten diameter på reflexröret. Som riktguide kan sägas att ett element på 6,5" passar ihop med ett 5 cm reflexrör, 8" element med 6,5 cm rör, 10" med 8 cm rör. Ifall det önskas att använda flera reflexrör istället för ett kan det räknas om genom att räkna kvadratroten av antal rör gånger dess diameter. Som exempel: 4 rör med diametern 6 cm blir  $\sqrt{4} \times 6 = 12$  cm, resultatet blir ett reflexrör med diametern 12 cm (Drkrupp 2012).

## **5 BYGGPROCESSEN**

Ett traditionellt projekt innehåller vanligtvis fem olika faser i sin livscykel. Enligt Vinod (2008:9) är dessa definitionsfasen, planerings- och designfasen, genomförandefasen, övervakande och kontrollerande fasen, samt reflektionsfasen. Eftersom projekt alltid är unika får dessa faser olika tyngdpunkt i olika projekt. En del projekt går igenom samma fas flera gånger.

### **5.1 Definitionsfasen**

I definitionsfasen definierar man själva projektet, vad är det som skall göras och vem är med i processen. Vanligtvis väljer man även en projektledare (Vinod 2008:13). I mitt fall blir detta dock inte relevant eftersom det handlar om ett individuellt projekt. I denna fas definierar man projektets helhet också gällande budget och resurser (Vinod 2008:13-14). Budgeten för detta projekt bestod av kostnaderna för själva byggsatsen och högtalarlådorna. Till projektets resurser kan anses skolans utrymmen där själva byggandet utfördes och handledningen gavs.

### **5.2 Planerings- och designfasen**

I planeringsfasen bör hela projektet gås igenom på förhand. Slutproduktens kvalitet samt projektets tidtabell hör till de viktigaste sakerna att bestämma. En riskanalys eller "B-Plan" kan även vara bra att utveckla ifall problem skulle uppstå. (Vindor 2008:15;156). Arbetet hade en relativt kort tidtabell vilket gjorde arbetsprocessen mycket intensiv.

### **5.3 Genomförandefasen**

I den här fasen är det själva projektet som utförs. Även om en utförlig plan gjorts, är det vanligt att det ännu dyker upp problem och projektet får en ny vändning. Det är viktigt att en utförlig dokumentation utförs under denna fas (Vindor 2008:15-16). Detta projekt har genomförts i Arcadas utrymmen under

våren 2013. Under detta projekts gång har dokumentation skett i form av foto-grafering av de olika byggstadierna.

#### **5.4 Övervakande och kontrollerande fasen**

Denna fas går in i den föregående, eftersom projektet hela tiden måste hållas på rätt linje och hålla tidtabellen. Man bör ständigt kontrollera att allting går rätt till (Vindor 2008:156). Det är även bra att inte ha för bråttom eftersom detta kan resultera i onödiga och tidskrävande slarv fel.

#### **5.5 Reflektionsfasen**

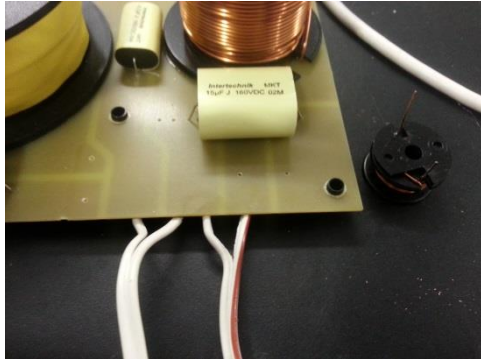
Reflektionsfasen handlar om att se tillbaka på projektet och analysera vad som gått bra eller dåligt, beakta feedback, samt fundera på vad som skulle ha kunnat göras bättre. Projektet får helt enkelt ett slut, med ett slutresultat. Vanligtvis framställs en slutrapport (Vindor 2008:313-14; 320). I det här arbetet fungerar själva examensarbetet som slutrapport för projektet och högtalarna som slutprodukt.

#### **5.6 Dokumentation av byggprocessen**

1. Bestäm var högtalarna skall användas och vad är högtalarnas ändamål. Då man skall bygga högtalare är det bra att tänka på många saker. Det är bra att fundera över för vilken sorts användning högtalarna skall användas till. I mitt fall valde jag en färdigt planerad byggsats på grund av tidsbegränsningen. Det är lättare att välja en färdigt planerad byggsats än att planera allting från början själv.

2. Bestäm dig för hurdana element eller byggsats du vill använda och hurdan låda som kommer att användas. Jag valde Audiokits Aw-30 alu byggsats. Byggsatsen är tänkt för hemmabruk och lämpar sig ypperligt för musiklyssning och filmtittande. Byggsatsen skall vara av relativt god kvalitet och har ett brett frekvensband. Dessutom är byggsatsen i passande prisklass. Trävirket med-

följde inte i byggsatsen men byggsatsen hade en ritning på en färdigt planerad låda.

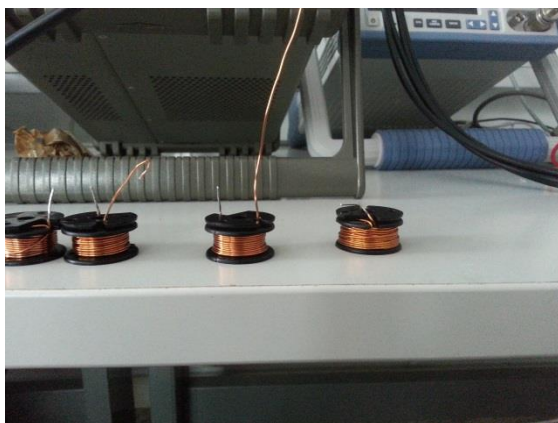


Figur 14 Delningsfilter 1



Figur 15 Delningsfilter 2

Då jag köpte högtalarbyggsatserna medkom det inte spolar med rätt induktans. Jag fick fyra stycken spolar med induktansen 0,07 mH. Den rätta induktansen skulle ha varit 0,027 mH. På grund av detta hamnade jag att modifiera spolarna och mäta induktansen pånytt med en induktansmätare. Detta gjorde jag genom att ta bort en liten del åt gången av spolens tråd. Mellan varje klippning mätte jag med induktansen genom att fästa mätarens sladdar till spolens båda ändor. Se figur 13 och 14.



Figur 17 Delningsfilter 3



Figur 16 Induktansmätare

3. Studera noggrant ritningen för lådorna och skaffa tillräckligt med virke och annat material. Efter att ha köpt elementbyggsatsen för två stycken högtalare räknade jag ihop hur mycket trämaterial jag skulle behöva. Som virket valde jag MDF skiva.

Enligt ritningen skulle frampanelen haft tjockleken 25 mm men jag fick bara tag på 19mm tjock skiva. Bakskivan och sidoskivorna skulle ha varit 15 mm tjocka men det jag hittade var 16mm tjockt. Även locket och bottnet blev 16mm tjockt istället för 15mm. Enligt ritningen skulle högtalarlådans inre delar vara av 8 mm tjock skiva, men jag hittade endast 10 mm tjock skiva.

Jag köpte virket från Vallilan puutavara och personalen sågade skivorna i rätt storleks bitar. Det blev dock ett sågfel, frampanelerna som skulle ha höjden 950 mm blev istället 350 mm. Sedan hamnade jag åka tillbaka till virkesbutiken och be dem såga ut två stycken nya fram paneler. Detta gjorde de utan tilläggsavgifter. Se figur 15 och 16.



*Figur 18 Utsågade skivor 1*



*Figur 19 Utsågade skivor 2*

4. Var noggrann med att markera träskivorna med var det skall sågas och borrar. När jag väl fått rätt mått på mina skivor mätte jag ut var på skivorna reflexrören och elementen skulle sitta och ritade ut placeringen. Jag mätte de inre delarna och ritade även på dem var det skulle sågas, enligt ritningen skall högtalarlådans inre bestå av sju stycken öppna kammare. Ritningen på högtalarlådans finns som bilaga.



*Figur 20 Framskiva skruvad i bänk*

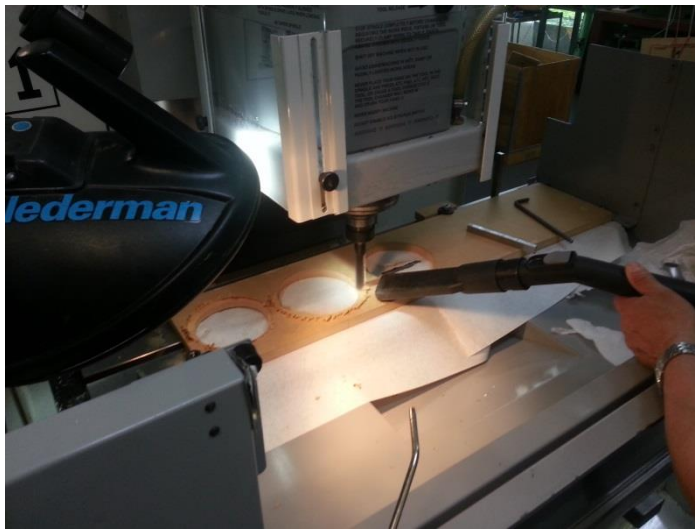
5. Såga, borra, slipa och kolla att allting passar bra. Sedan sågade jag alla raka linjer med bandsåg och kollade att det blev rätt. För de runda öppningarna borrade jag först med borrhål så att jag sedan kunde såga hålen med en motoriserad figursåg. Sedan prövade jag om elementen passade i sina hål. Det var några element och reflexrör som inte passade vilket gjorde att jag hamnade såga lite till för att göra några av hålen större. Några av hålen var så nära den rätta storleken att jag bestämde mig för att låta det vara, dessa hål sandpappade och filade jag istället till lite större. Det är viktigt att lådan är så tät som möjligt så att ljudtrycket inte rymmer ut på fel ställen. Se figur 18.





*Figur 21 Utsågade skivor*

För att göra insänkningarna i lådorna använde jag en CNC-maskin tillsammans med lärare Erland Nyrot. Se figur 19. Insänkningarna gjordes för att elementen och övriga komponenter skall sjunka in i lådan. På detta sätt blir lådan jämn och finare att titta på. Jag mätte tjockleken på element, vågledaren och kopplings-terminal. Tjockleken på elementet var 5 mm, vågledaren 4 mm och kopplings-terminalen 3 mm. Erland programmerade måtten in på maskinen och sedan startade vi programmet. Maskinen gjorde fina insänkningar.



*Figur 22 CNC maskin*

6. Lägg ihop delarna före limningen för att dubbel kolla att alla mått stämmer. Börja limma ihop yttre delarna av lådan, var noga med att du fortfarande har möjlighet att koppla elementen och delningsfiltren. Se figur 20.



*Figur 23 Lådan före limning*

Efter det satte jag ihop alla delarna så att jag kunde se om alla lådans delar blev så täta som möjligt. Jag var nöjd med resultatet och funderade över hur jag skulle limma ihop lådan. Jag kunde inte limma ihop alla delarna för att jag måste ännu koppla ihop elementen och diskanten till delningsfiltret, och delningsfiltret till kopplingsterminalen. Jag bestämde mig för att lämna ena sidan olimmad. På detta sätt fick jag mest utrymme för att göra kopplingarna. Sedan bestämde jag mig för att limma fast bakskivan i ena sidoskivan, och sedan framskivan. Till följande limmade jag ihop locket och bottnet, och spände sakta ihop med stora skruvtvingor. Jag undersökte att alla kanter och hörn var så täta som möjligt. Se Figurerna 21.



Figur 24 Limning av lådor

7. Limma inre delarna av lådan. Näst i tur var det lådans inre delar, dessa var svåra att få på plats eftersom det var ganska trångt i lådan. Sedan placerade jag andra sidan av lådan på, utan lim, och spände fast med ytterligare några skruvtvingor. Då lade jag märke till att det hade uppkommit en liten kant i lådan som sträckte sig längs med hela sidan. Som tur så påverkade det inte lådans funktion utan felet var bara kosmetiskt. Sedan lämnade jag lådorna för att torka. Se typen av lim som användes i figur 22.



Figur 25 B3 lim

8. Låt lådorna torka. När lådorna torkat löste jag skruvtvingarna och tog bort den sidan som inte var fastsatt med lim. Sedan inspekterade jag lådan för springor och glapp. Resultatet blev bra. Se de limmade lådorna i figur 23.



*Figur 26 Torkade lådor*

9. Koppla ihop. Jag skruvade fast alla delar och kopplade ihop dem. Jag limmade även en tätning runt alla delarna före jag skruvade fast dem i lådan. Också diskanterna måste limmas fast i vågledarna, för detta använde jag Loctite super lim. Före jag limmade fast högtalarens sista sida testade vi med min lärare Claus Lindqvist att delningsfiltret var rätt kopplat. Detta gjorde vi genom att koppla högtalaren till en dator var vi körde ett program som skickar ut signaler av olika frekvenser. Alla element spelade sina frekvenser som de skulle. Se ihopkopplingarna i figurerna 24.





Figur 27 Ihopkoppling av komponenter



Figur 28 Diskant + vågledare



Figur 29 Tätning av elementet

10. Limma fast lådans sida. När det konstaterats att elementen återgav rätta frekvenser, fyllde jag lådan med vadd som jag köpt från Radioduo Oy. Till varje låda skulle det totalt 750 gram vadd. Ritningen berättade hur mycket vadd det skulle i de olika kamrarna. När vadden var på plats limmade jag ihop sidan och spände den fast med skruvtvingor.

11. Testa för att se hur bra det fungerar och gör mättest. Nu är högtalarna egentligen färdiga. Se högtalarna i figurerna 27. När lådorna har torkat är de färdiga för olika ljudtest. Det är intressant att veta hur bra ljudkvalitet som

uppnåatts. På grund av den tidsmässiga begränsningen har jag inte hunnit utföra ordentliga mättest.



*Figur 30 Så gott som färdiga lådor*

## 6 RESULTAT

Eftersom det här arbetet har gjorts i form av ett byggprojekt kan inga egentliga resultat presenteras, vilket det lättare kan göras i ett arbete med en undersökningsdel. Vad som dock kan konstateras är att resultatet helt enkelt är i händerna på byggmästaren. Det beror på hur noggrant han/hon följt instruktionerna, lyckats med byggandet och dess olika faser. Det här arbetet presenterar den här individuella byggprocessen, som en riktgivande modell för liknande projekt. Därför kan dessa resultat inte heller presenteras totalt opartiskt och objektivt. Inga resultatmätningar av högtalarna har gjorts och kan därför inte presenteras i detta kapitel. Resultatet kan också ses som att syftet delvis uppnått i och med att slutprodukten av projektet blev två färdiga och fungerande högtalare.

## 7 DISKUSSION

Man kan konstatera att byggprojektets syfte delvis har uppnåtts; två tornhögtalaren har byggts ihop och en guidebok över processen har konstruerats. Med en bredare tidsavgränsning kunde arbetet ännu ha kunnat finslipas där t.ex. lådan kunde ha målats eller ytbehandlas. Även dokumenteringen kunde ha behandlat mer detaljer vilket skulle ha gjort bygguiden mer omfattande. Man kan dock konstatera att en person som följer denna guide och ritning som finns som bilaga, kommer att uppnå samma resultat som detta projekt uppnått.

Som fortsättning på detta arbete kunde man tänka sig att utveckla guideboken med fler detaljer och information om de övriga högtalartyperna på marknaden. Även mer djup kunde strävas efter genom att bekanta sig mer tekniskt i högtalarvärlden, både i själva guiden som teori samt i byggprocessen. För att verkligen utmana sig kunde högtalarna byggas från början och inte med hjälp av en byggsats vilket nu var fallet. I såfall innehåller projektet betydligt mycket mer matematiska formler, mätningar och beslut.

En utmaning för arbetets teoridel har varit både bristen på aktuella källor inom ämnet samt att förstå det mycket tekniska (och många gånger engelska) språket. Det finns för tillfället inte lättlästa guideböcker för hur man bygger högtalaren utan språket är vanligen endast för mer professionella. Därför fyller detta examensarbete också bra upp detta tomrum, med en guide som lämpar sig för en bredare publik.

## 8 AVSLUTNING

Som helhet har arbetet varit roligt och lärorikt. Eftersom arbetet utförts under en kort tidsperiod har arbetsprocessen varit intensiv. Resultatet av slutprodukten blev som planerat och jag är nöjd med resultatet. För audiointresserade personer rekommenderar jag att reservera mycket tid för planering och själva byggandet. Jag rekommenderar audiointresserade att bygga egna högtalare eftersom man lär sig mycket om högtalarkonstruktioner. Dessutom är det möjligt att bättre experimentera med olika slags delningsfilter, lådtyper och element. Det är möjligt att bygga just sådana högtalare som passar ens egna behov. Förutom kunskap och nöje blir de självbyggda högtalarna ofta en hel del förmånligare än samma kvalitets färdigtbyggda fabriks-högtalare. Om man verkligen vill utmana sig själv är det möjligt att själv konstruera högtalarelementet och delningsfiltret samt designa lådan. Detta kräver mycket mera planering och kan tänkas som mitt nästa projekt.



## KÄLLOR

Alten, S. (2010), Audio in media. Boston: Wadsworth, s.541.

Baxandall, P.J. *Electrostatic loudspeakers* i Borwick, J. (1998). Loudspeaker and Headphone Handbook. 2 uppl., Woburn: Reed educational and professional publishing Ltd, s.596.

Borwick, J. (1998), Loudspeaker and Headphone Handbook. 2 uppl., Woburn: Reed educational and professional publishing Ltd, s.596.

Dickason, V. (1997), The Loud Speaker Design Cookbook, 5 uppl., Peterborough: Audio Amateur Press Publishers, s.165.

Eargle, J. (2003), Loudspeaker handbook. 2 uppl., Norwell: Kluwer academic Publisher, s.421.

Jordan, E.J. (1963), Loudspeakers, New York: Focal press limited, s.215.

Kelly, S. *Transducer drive mechanisms* i Borwick, J. (1998). Loudspeaker and Headphone Handbook. 2 uppl., Woburn: Reed educational and professional publishing Ltd, s.596.

Mundy, L. (2004), Design and build your own live-sound speakers. A beginner's guide. Victoria: Trafford Publishing, s.114.

Vinod, N. (2008). Project Management. Jaipur: Global Media, s.343.

## ELEKTRONISKA KÄLLOR

Head-Fi (2007), Should I restore these speakers?, [WWW]. Hämtad 8.6.2013. Tillgänglig: <http://www.head-fi.org/t/615687/should-i-restore-these-speakers-help-advice-wanted>

Hifitalo (2013), Kaijutinrakennussarjat, [WWW]. Hämtad 20.5.2013. Tillgänglig: <http://www.hifitalo.fi>.

Karlsson, G. (2012), Hur Hifi?, [WWW]. Hämtad 03.05.2013. Tillgänglig: <http://www.drkrupp.se/hifi/>

LinnarAudio (2013), Hifi, [WWW]. Hämtad 05.05.2013. Tillgänglig: <http://linnaraudio.com>

Powerset (2013), Kotihifi Rakennussarjat. [WWW]. Hämtad 06.05.2013. Tillgänglig: <http://www.powerset.fi/kotihifi/rakennussarjat/aw-30alu.html>

Scapro (2011), Miniaturhögtalare, [WWW]. Hämtad 30.05.2013. Tillgänglig: <http://www.scapro.se/miniaturhogtalare.htm>

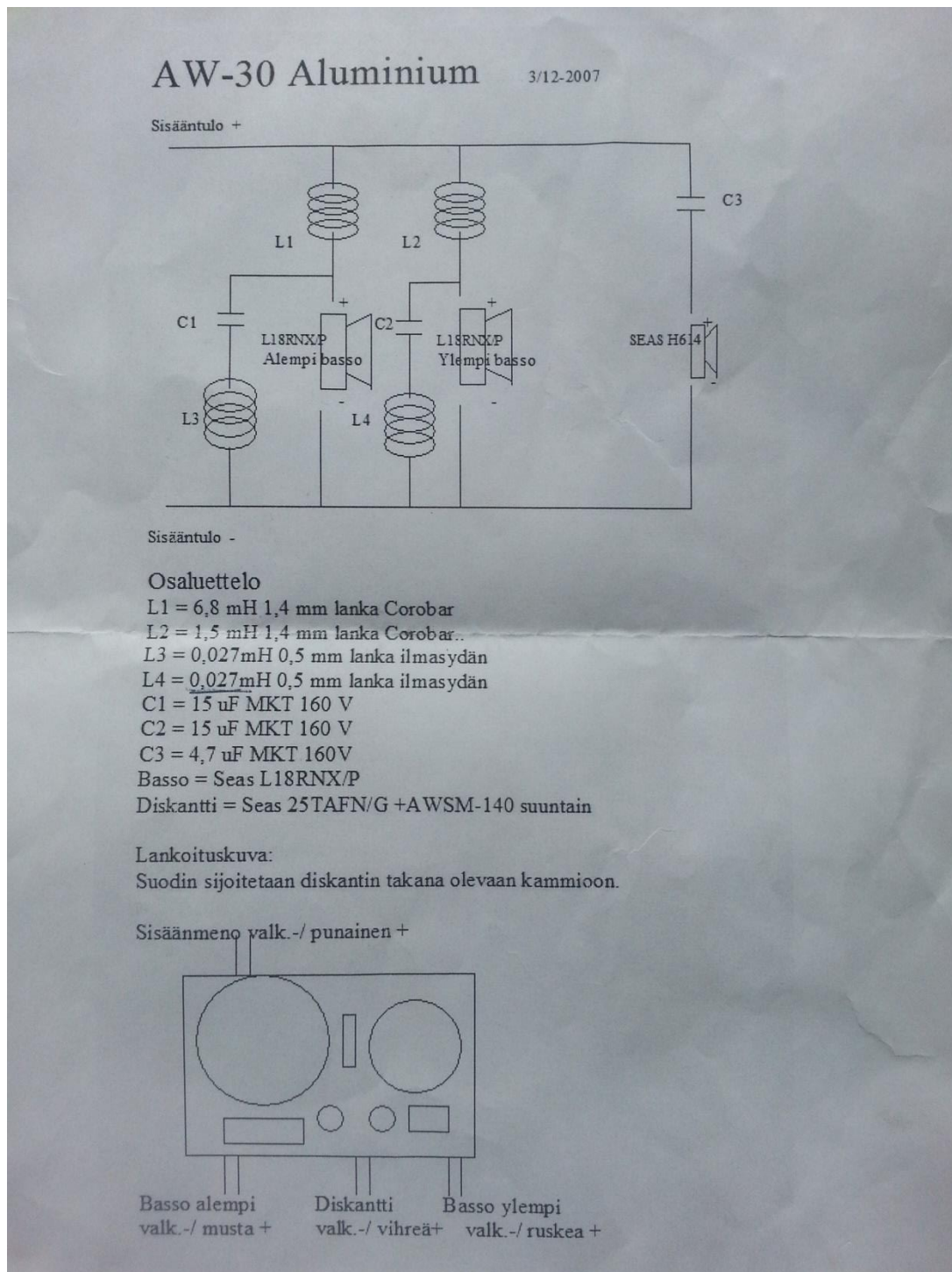
Seas (2005), Tweeter 25TAFN/G. [WWW]. Hämtad 10.05.2013.  
Tillgäng-  
lig: [http://www.seas.no/images/stories/vintage/pdfdataheet/h0614\\_25tafng.pdf](http://www.seas.no/images/stories/vintage/pdfdataheet/h0614_25tafng.pdf)

Seas (2005), H1224-08 L18RNX/P, [WWW]. Hämtad 05.05.2013.  
Tillgäng-  
lig: [http://www.seas.no/index.php?option=com\\_content&view=article&id=189:h1224-08-l18rnpx&catid=29:prestige-woofers&Itemid=186](http://www.seas.no/index.php?option=com_content&view=article&id=189:h1224-08-l18rnpx&catid=29:prestige-woofers&Itemid=186)

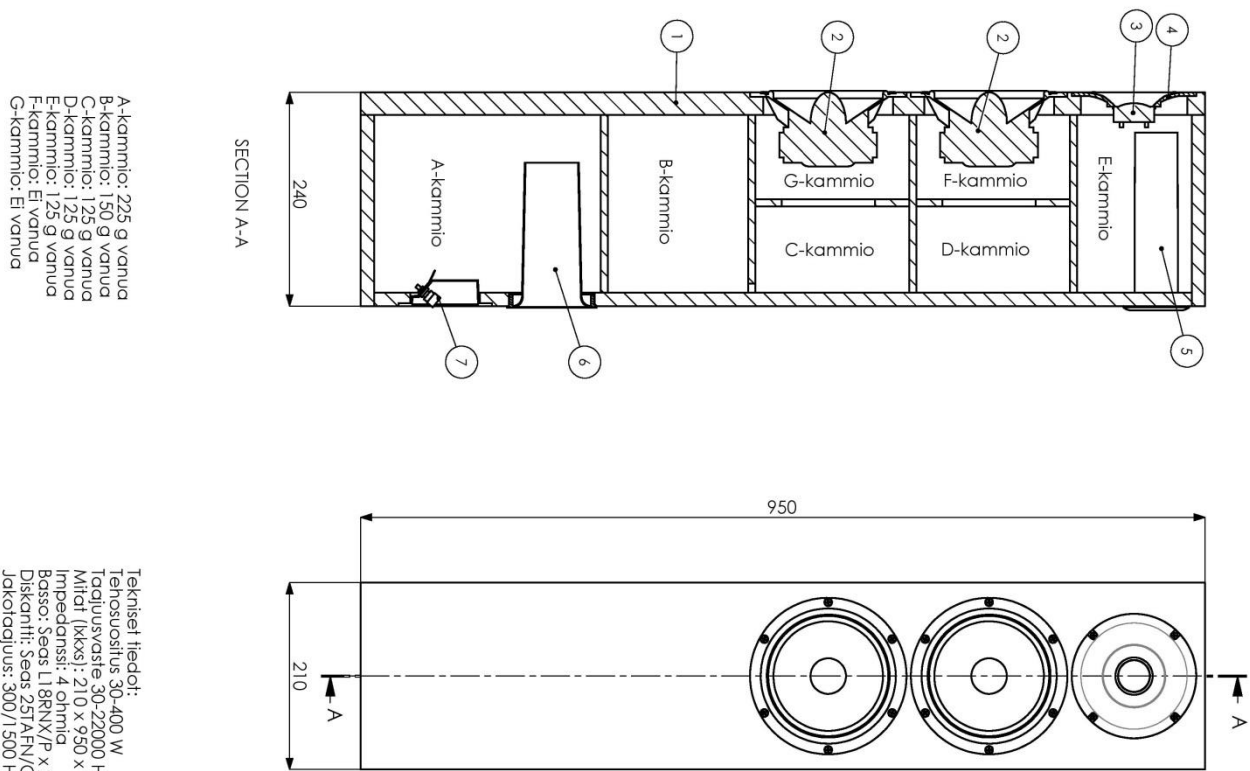
Sontec (2010), Högtalare, [WWW]. Hämtad 30.05.2013.  
Tillgänglig: <http://www.sontec.se/ljud/subkategori-a1/martin-logan/martin-logan-theos.html>

# BILAGOR

Bilaga 1 Delningsfilter kopplingsfilter (Hifitalo 2012)

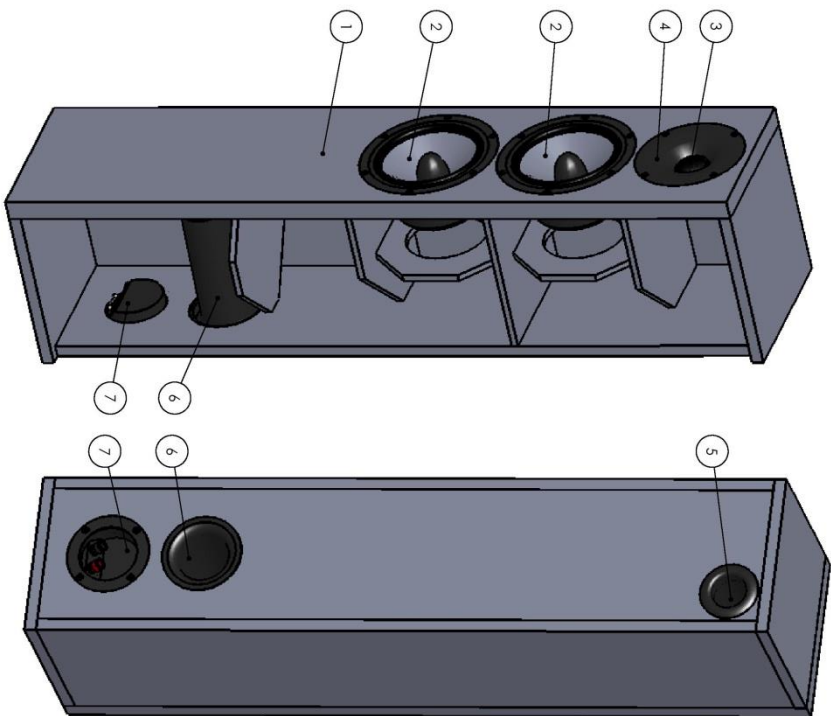


Bilaga 2 Ritning (Powerset 2013)

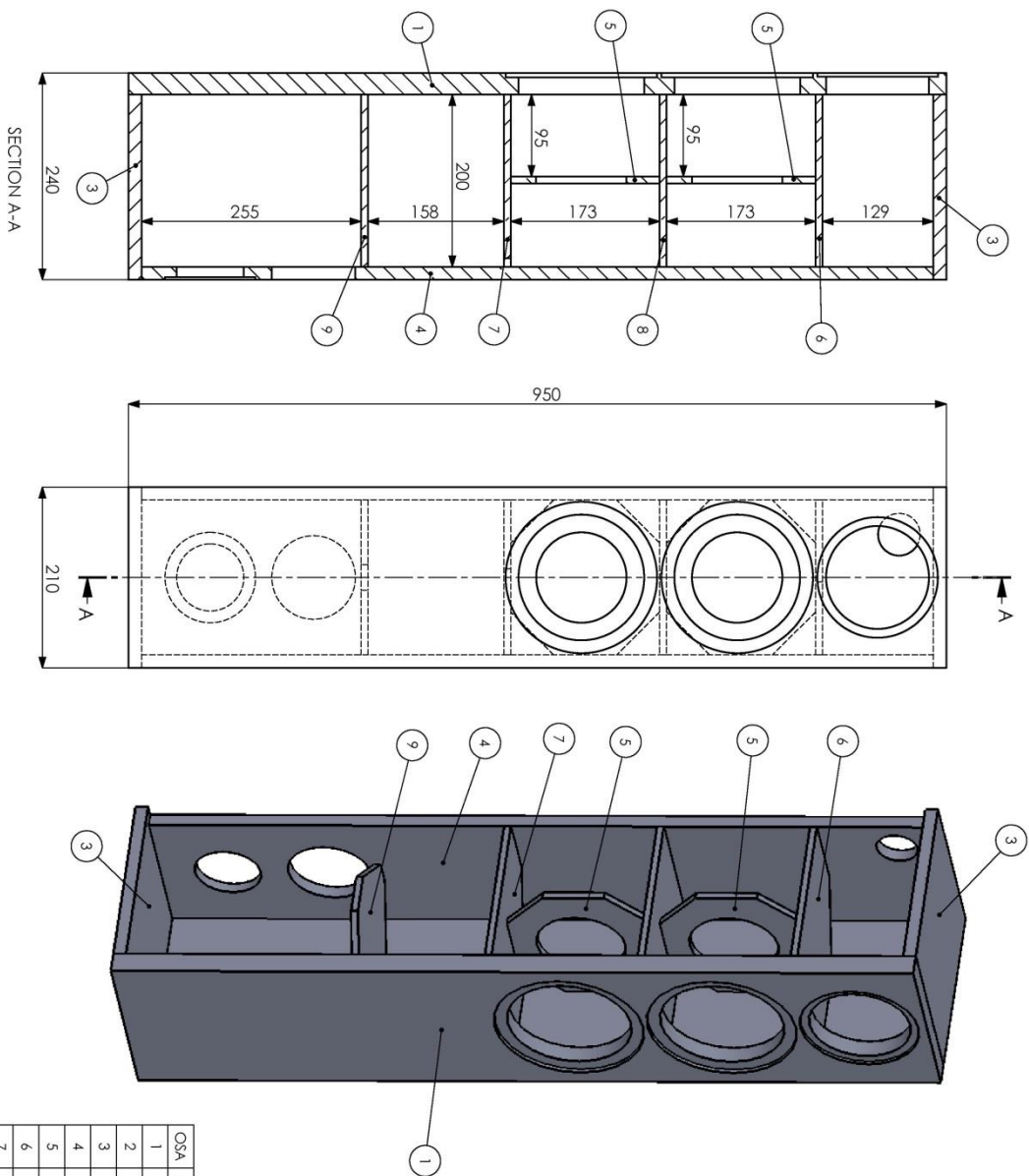


A-kammio: 225 g vanua  
B-kammio: 150 g vanua  
C-kammio: 125 g vanua  
D-kammio: 125 g vanua  
E-kammio: 125 g vanua  
F-kammio: 125 g vanua  
G-kammio: Ei vanua

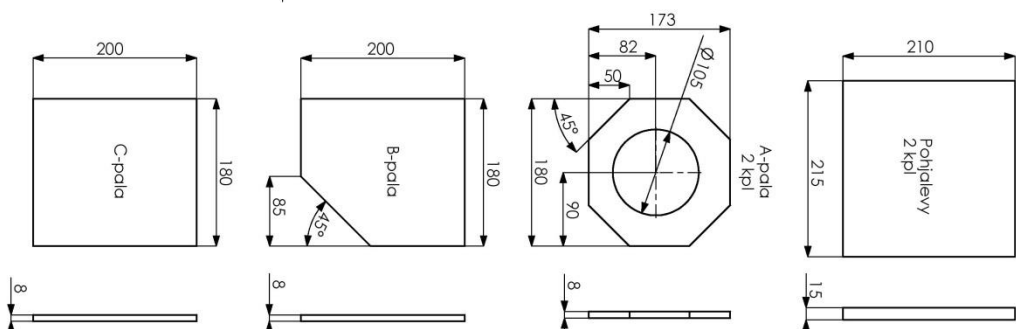
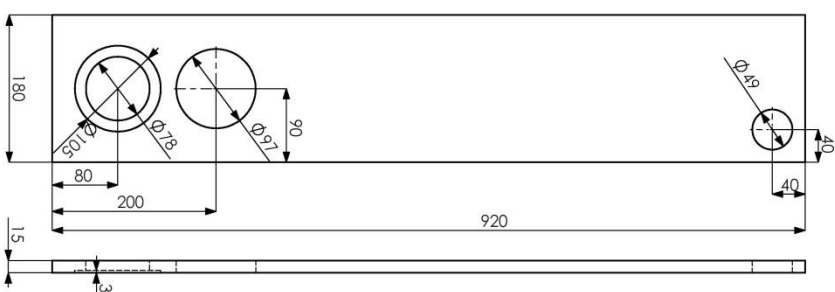
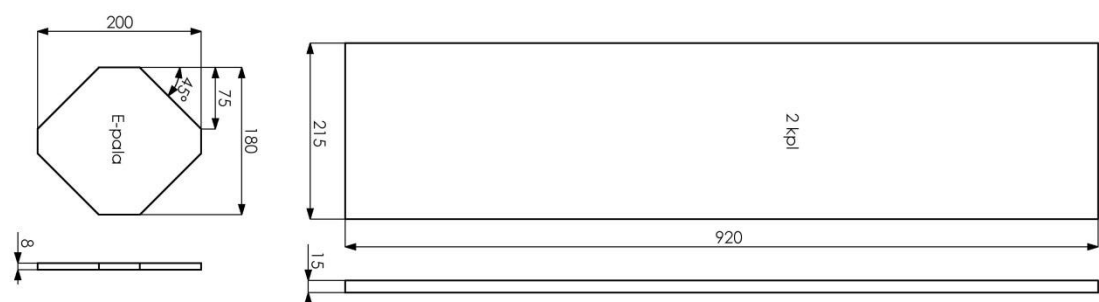
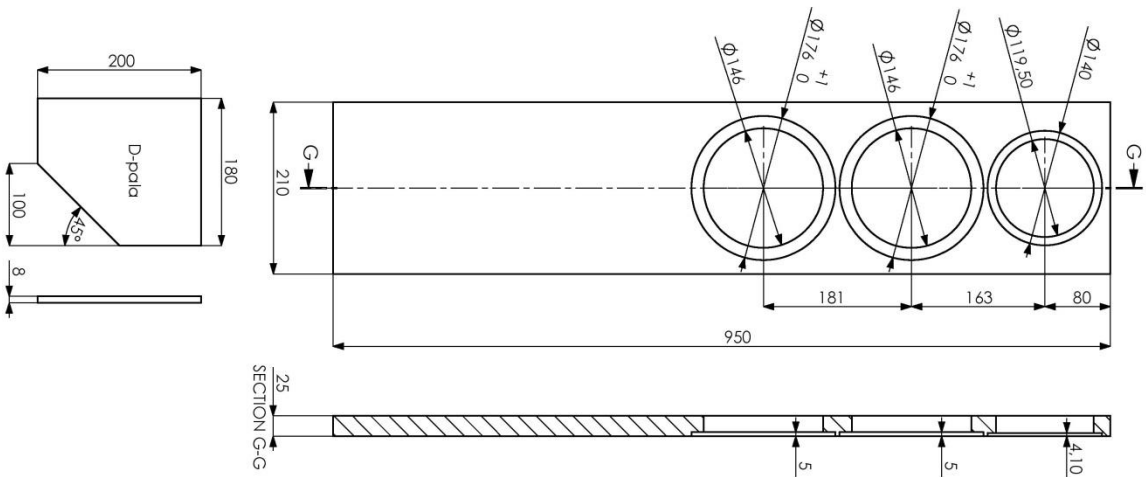
Tekniset tiedot:  
Tehosuositus 30-400 W  
Taajuusaste 30-22000 Hz  
Mitat (lkks): 210 x 950 x 215 mm  
Impedanssi: 4 ohmia  
Basso: Seas L18RX/P x 2kpl  
Diskantti: Seas 25TA/FN/G + AWSM-140 suuntain.  
Jäskotajuus: 300/1500 Hz



OSA	KPL	NIMI
1	1	Aw-30 Alu Kotelo
2	2	Seas L18RX-P
3	1	Seas 25TA/FN-G Diskantti
4	1	Suuntain AWSM 140
5	1	Bassreflex SL45
6	1	Refleksiputki HP70
7	1	Kalutinterincaali Interlechnik T 105
Nimi		
Aw-30 Alu		
Config.		
Default		
File		
HT-1012 Aw-30 Alu		



OSA	KPL	NIMI
1	1	Eulevy
2	2	Sivulevy
3	2	Pohjalevy
4	1	Takalevy
5	2	A-polia
6	1	B-polia
7	1	D-polia
8	1	C-polia
9	1	E-polia
Nimi		
Aw-30 Alu Kotelo		
Config		
Default		
Title		
HT-1012 Aw-30 Alu		



Nome	Aw-30 Alu Kotelo
Config	Default
File	HT-1012 Aw-30 Alu

**HITITALO**  
Pun. 0440-553595  
info@hititalo.fi